



ARTÍCULO ESPECIAL

Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la medicina



Julio Cabero Almenara, Julio Barroso Osuna* y Miguel Obrador

Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla, Sevilla, España

Recibido el 11 de abril de 2016; aceptado el 29 de junio de 2016

PALABRAS CLAVE

Realidad aumentada;
Integración curricular;
Diseño;
Producción y evaluación de medios y materiales;
Tecnologías emergentes

KEYWORDS

Augmented reality;
Curricular integration;
Design;
Production and evaluation of means and materials;
Emergent technologies

Resumen La realidad aumentada (RA) constituye una valiosa tecnología emergente a través de la cual podemos dar respuesta de manera eficaz a los nuevos estilos de aprendizaje requeridos por los alumnos en la sociedad de la información y el conocimiento. El estudio que presentamos se enmarca en el proyecto de I+D+i denominado RAFODIUN, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, siendo uno de sus objetivos producir contenidos en formato RA para ser aplicados en contextos de formación universitaria, y conocer el grado de adopción de esta tecnología por el estudiante. Los estudiantes participantes en la experiencia fueron alumnos que cursaban la asignatura de «Anatomía y embriología humana» en la Facultad de Medicina de la Universidad de Sevilla. A partir del estudio se pudo constatar que el modelo elaborado sirve para explicar la actitud y la intención hacia el uso de objetos de aprendizaje elaborados en RA, y que los estudiantes muestran un alto grado de satisfacción al incorporar estas herramientas a la práctica educativa.

© 2016 Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Augmented reality applied to the teaching of medicine

Abstract Augmented Reality (AR) is a valuable emergent technology, by which we can effectively respond to the new styles of learning needed by the students of the information and knowledge society. The study presented is within the framework of an R+D+i project called RAFODIUN, financed by the Department of Economy and Competitiveness. One of its aims is to produce contents in AR formats to be applied in context of a university education, and to determine the level of adoption of this technology by the student. The participants in the experiment were students who were studying the subject of "Human Anatomy and Embryology" in the University of Seville Medical School. From the study it was possible to state that the

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jbarroso@us.es (J. Barroso Osuna).

model constructed serves to explain the attitude and the intention towards the use of objects of learning prepared in AR, and that the students show a high level of satisfaction on having incorporated these tools into educational practice.

© 2016 Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La «realidad aumentada» (*augmented reality*) (RA) se está convirtiendo en una de las tecnologías emergentes con una cercana penetración en la formación universitaria, como señala el último Informe Horizon¹ y el Reporte EduTrend².

Por RA se entiende la combinación de información digital e información física en tiempo real a través de diferentes dispositivos tecnológicos (tablet, smartphones, gafas...); es decir, consiste en utilizar un conjunto de dispositivos tecnológicos que añaden información virtual a la información física para crear una nueva realidad, donde tanto la información real como la virtual desempeñan un papel significativo³⁻⁷.

Sus propiedades más significativas son: ser una realidad mixta, integrada en tiempo real, que posee una diversidad de capas de información digital, que es interactiva, y que mediante su utilización enriquecemos o alteramos la información⁷.

En la formación universitaria empezamos a contar con diferentes experiencias^{8,9}, y más específicamente en la enseñanza de la medicina^{3,10,11-13}.

El estudio que presentamos se enmarca en el proyecto de I+D+i denominado RAFODIUN (EDU2014-57446-P) financiado por el Ministerio de Economía y Competividad, siendo uno de sus objetivos el producir contenidos en formato RA para ser aplicados en contextos de formación universitaria, y conocer el grado de adopción de esta tecnología por el estudiante analizado mediante el modelo de aceptación

tecnológica (TAM) formulado inicialmente por Davies¹⁴, y sugiere que la aceptación de cualquier tecnología por una persona viene determinada por las creencias que tiene sobre las consecuencias de su utilización; y al mismo tiempo que la actitud hacia el uso de un sistema tecnológico está basada en 2 variables previas: la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida.

Material y método

Objetos en realidad aumentada producidos

Para la producción de los objetos en RA se utilizan diferentes programas: Layar, Metaio, Augment, Aurasma...; en nuestro caso para la producción de los objetos que utilizamos en nuestra investigación se utilizó como herramientas fundamentales Metaio Creator y Metaio SDK, y presentan una serie de características: animaciones en 3D, parada y seguimiento del objeto, ampliación del tamaño del componente presentado para que puedan ser observados los detalles, y transferencia a un vídeo ampliador de la información ubicado en Youtube (fig. 1).

Para el estudio se produjeron 4 objetos: shoulder, coxofemoral, cervical y ankle, que pueden observarse en dispositivos Android e iOS y descargarse de: <http://intra.sav.us.es/proyectorafodiun/>

La sesión, que duró 2 h, de interacción de los alumnos con los objetos producidos consistió en:

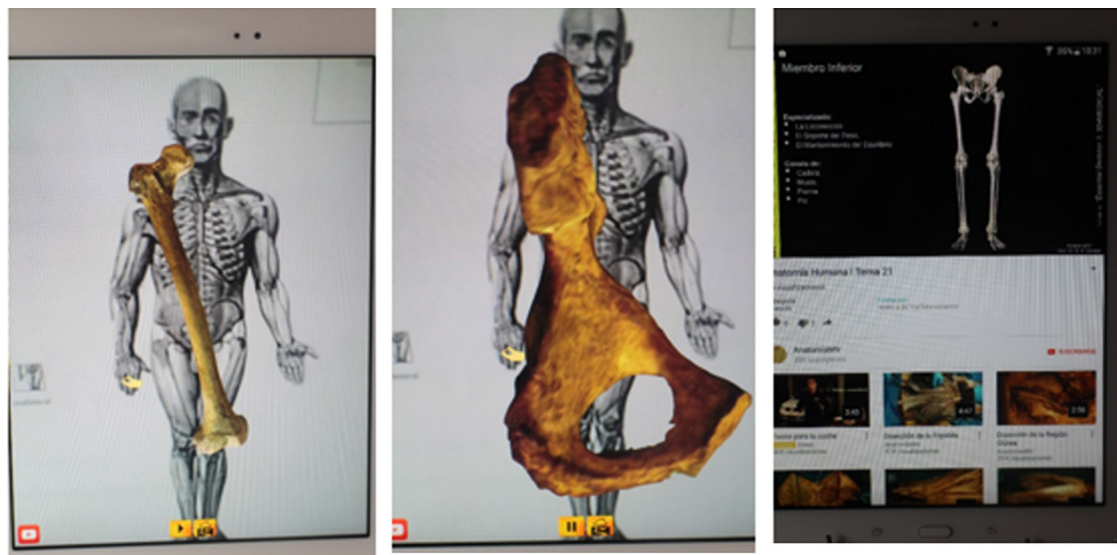


Figura 1 Objetos producidos en RA.

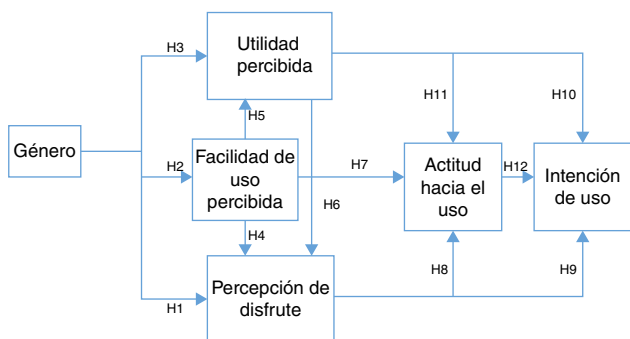


Figura 2 Modelo TAM.

- Explicación de en qué consistía la RA.
- Demostración de los diferentes objetos producidos y sus posibilidades.
- Presentación del lugar donde podrían bajarse las distintas guías y app de los objetos producidos.
- Trabajo individual de los alumnos con sus dispositivos móviles con los diferentes objetos.
- Y cumplimentación de los cuestionarios.

Por lo que se refiere al modelo TAM, en la figura 2 puede observarse el elaborado para la investigación.

Del modelo se desprenden 12 hipótesis para analizar:

- H1-H2-H3. El género del sujeto puede afectar positiva y significativamente en la percepción de disfrute, en la percepción de facilidad y en la utilidad percibida de uso de objetos de aprendizaje en RA.
- H4-H5-H7. La percepción de facilidad de uso puede afectar positiva y significativamente sobre la percepción de disfrute, la utilidad percibida y las actitudes de uso de uso de objetos de aprendizaje en RA.
- H6-H10-H11. La utilidad percibida de uso de objetos de aprendizaje en RA puede afectar positivamente y significativamente respecto a la percepción de disfrute, en las intenciones de uso y en las actitudes de uso de objetos de aprendizaje en RA.
- H8-H9. La percepción de disfrute puede afectar positiva y significativamente hacia las actitudes y en las intenciones de uso de objetos de aprendizaje en RA.
- H12. La actitud hacia el uso puede afectar positiva y significativamente en la intención de uso de uso de objetos de aprendizaje en RA.

Además, quisimos ver la influencia de las puntuaciones alcanzadas por los estudiantes en el modelo TAM, en la interacción que hicieron con los diferentes objetos producidos y la significación que podría tener el género del estudiante en el grado de aceptación de los objetos en RA.

Instrumento de recogida de información

El instrumento utilizado para el análisis del TAM recoge información de 4 dimensiones: utilidad percibida (UP), facilidad de uso percibida (FUP), disfrute percibido (DP), actitud hacia el uso (AU) e intención de utilizarla (IU); estaba compuesto por 15 ítems tipo Likert, con 7 opciones de respuesta (1 = extremadamente improbable/en desacuerdo a

7 = extremadamente probable/de acuerdo) (anexo 1), y se administró vía Internet.

Su fiabilidad se obtuvo mediante alfa de Cronbach, que según O'Dwyer y Bernauer¹⁵ es lo más apropiado para este tipo de instrumentos, obteniéndose los siguientes valores: total del instrumento: 0,895; UP: 0,872; FUP: 0,882; DP: 0,828; AU: -0,239; IU: 0,844.

Todos los valores, salvo el correspondiente a la dimensión AU, poseen un nivel de fiabilidad muy altos¹⁶. La baja puntuación en AU tiene una explicación, y es que es la única dimensión en la cual existía un ítem formulado negativamente: «Me he aburrido utilizando el sistema de RA». También obtuvimos la correlación ítem-total para analizar si eliminando algún ítem aumentaría la fiabilidad del instrumento, hecho que no ocurrió, y por ello mantuvimos todos.

Muestra

Los estudiantes participantes en la experiencia fueron 50 (21 hombres [42%] y 29 mujeres [58%]) que cursaban la asignatura de «Anatomía humana I» de primer curso e impartida por el Departamento de anatomía y embriología humana de la Facultad de Medicina de la Universidad de Sevilla.

Resultados

Las medias y desviaciones típicas alcanzadas tanto para la globalidad del instrumento como para sus diferentes dimensiones fueron: total del instrumento: $m = 4,92$, $d. tip = 0,92$; UP: $m = 4,80$, $d. tip = 1,33$; FUP: $m = 5,49$, $d. tip = 1,29$; DP: $m = 4,68$, $d. tip = 1,14$; AU: $m = 4,47$, $d. tip = ,83$; IU: $m = 5,38$, $d. tip = 1,17$.

Los valores medios alcanzados tienden a situarse un punto y medio por encima del valor central de 3,5, lo que indica un cierto grado de acuerdo de los alumnos en la diversidad de ítems que le fueron presentados. Cabe señalar que las desviaciones típicas alcanzadas muestran cierta variabilidad de las puntuaciones.

En la tabla 1 se presentan las medias y desviaciones típicas alcanzadas en todos los ítems.

Las medias alcanzadas permiten señalar que la interacción con estos objetos no les resulta ni difícil ni compleja, que pueden ser útiles para aumentar su aprendizaje y que les permitiría la comprensión de ciertos conceptos. En definitiva que pueden hacer «que el aprendizaje sea más interesante» (5,00) y «divertido» (4,80).

Respecto al género, la hipótesis nula (H0) formulada se refiere a si este no tiene una influencia significativa con un riesgo alfa de equivocarnos del 0,05, en la percepción de disfrute, la percepción de facilidad y en la utilidad percibida de uso de objetos de aprendizaje en RA. Para su contraste aplicamos el estadístico «t» de Student, que para 48 gl dieron los siguientes valores y nivel de significación: UP: $t = 1,598$ (0,117); FUP: $t = 0,788$ (0,435); y DP: $t = 0,906$ (0,370).

Estos valores no permiten rechazar ninguna de las H0 formuladas con un riesgo alfa de equivocarnos igual o inferior al 0,05; en consecuencia podemos decir que el género de los estudiantes no influye en la percepción de disfrute, en la percepción de facilidad y en la utilidad percibida de uso de objetos de aprendizaje en RA.

Tabla 1 Medias y desviaciones típicas obtenidos en los diferentes ítems del instrumento

Ítem	Media	D. típ.
El uso de este sistema de RA mejorará mi aprendizaje y rendimiento en esta asignatura	4,60	1,36
El uso del sistema de RA durante las clases me facilitaría la comprensión de ciertos conceptos	4,88	1,44
Creo que el sistema de RA es útil cuando se está aprendiendo	5,30	1,56
Con el uso de la RA aumentaría mi rendimiento	4,42	1,86
Creo que el sistema de RA es fácil de usar	5,22	1,46
Aprender a usar el sistema de RA no es un problema para mí	5,72	1,31
Aprender a usar el sistema de RA es claro y comprensible	5,52	1,52
Utilizar el sistema de RA es divertido	4,80	1,37
Disfruté con el uso del sistema de RA	4,56	1,28
Creo que el sistema de RA permite aprender jugando	4,68	1,32
El uso de un sistema de RA hace que el aprendizaje sea más interesante	5,00	1,40
Me he aburrido utilizando el sistema de RA	3,66	1,44
Creo que el uso de un sistema de RA en el aula es una buena idea	4,74	1,79
Me gustaría utilizar en el futuro el sistema de RA si tuviera oportunidad	5,36	1,24
Me gustaría utilizar el sistema de RA para aprender tanto anatomía como otros temas	5,40	1,28

Tabla 2 Coeficiente de correlación de Pearson

	FUP	DP	AU	IU	
UP	C.C. Pearson	0,440**	0,698**	0,498**	0,828**
	Sig. bilateral	0,001	0,000	0,000	0,000
FUP	C.C. Pearson		0,402**	0,446**	0,458**
	Sig. bilateral		0,004	0,001	0,001
DP	C.C. Pearson			0,330*	0,612**
	Sig. bilateral			0,019	0,000
	N				
AU	C.C. Pearson				0,498**
	Sig. bilateral				0,000

**Significativo a alfa igual a 0,01.

El relación con el análisis de las hipótesis nulas (H0) que se desprenden de las dimensiones del modelo TAM formulado (fig. 2), que hacían referencia a la no existencia de influencias con un riesgo alfa de equivocarnos del 0,05, aplicamos el coeficiente de correlación de Pearson (tabla 2).

Los coeficientes de correlación de Pearson obtenidos permiten sacar 2 grandes conclusiones: en primer lugar rechazar todas las H0 formuladas, con un riesgo alfa de equivocarnos inferior al 0,01. En consecuencia podemos señalar que:

- La percepción de facilidad de uso percibida de la RA afecta positiva y significativamente sobre la percepción de disfrute, la utilidad percibida y las actitudes que se tenga de la RA.
- La utilidad percibida de uso de objetos de aprendizaje en RA afecta positivamente y significativamente respecto a la percepción de disfrute, en las intenciones de uso y en las actitudes que se tenga de la RA.
- La percepción de disfrute afecta positiva y significativamente hacia las actitudes y en las intenciones de uso de la RA.
- La actitud hacia el uso de la RA afecta positiva y significativamente en el uso que se haga de la misma.

Y en segundo lugar, que el signo positivo obtenido en todas las correlaciones indica que las variables contrastadas aumentan cuando una de ellas lo hace.

Para finalizar, y para analizar la influencia de las puntuaciones alcanzadas por los estudiantes en el modelo TAM, en la interacción que establecían con los diferentes objetos producidos aplicamos el C.C. de Pearson, alcanzado los siguientes valores: todos los objetos: 0,467**; shoulder: 0,437**; coxofemoral: 0,407**; cervical: 0,493**; y ankle: 0,307**. Señalar que todas las correlaciones obtenidas fueron significativas al nivel del 0,01 y positivas, lo que denota que el tipo de interacción establecida por el alumno con el objeto RA estaba relacionada con el grado de aceptación de la RA que tenía.

Discusión

Nuestro estudio permite obtener diferentes conclusiones:

- a) El modelo TAM elaborado se presenta como un buen predictor para explicar la actitud y la intención hacia el uso de los objetos de aprendizaje elaborados en RA para ser utilizados en medicina. Y ello es independiente del objeto en RA con que interaccionaba.

- b) Los objetos de aprendizaje en RA se presentan como materiales educativos de utilidad para el aprendizaje de los alumnos del grado de medicina, aspecto en el que coincidimos con los trabajos de Yeo et al.¹¹, Wu et al.¹² y Bower et al.¹³.
- c) Los estudiantes muestran un elevado nivel de satisfacción por incorporar estas herramientas a la práctica educativa, y las perciben de verdadera utilidad. En este sentido podemos señalar que coincidimos con las aportaciones realizadas por diferentes autores¹⁷⁻²⁰.
- d) Los estudiantes no presentan ninguna dificultad para manejar e interactuar con objetos de RA.
- e) Su incorporación a la enseñanza es fácil, pues casi todos los alumnos tienen dispositivos móviles y saben descargarse app.
- f) El género del estudiante no determina el grado de aceptación que tienen de la RA, lo que coincide con los

hallazgos de no relación entre género y tecnologías de otros autores^{21,22}.

- g) El instrumento utilizado posee un nivel de fiabilidad adecuado para su utilización.

Financiación

Este artículo forma parte de un proyecto de I+D+I denominado RAFODIUN (EDU2014-57446-P) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Anexo 1. Instrumento de análisis del TAM

	1	2	3	4	5	6	7
Utilidad percibida (UP)							
E1 uso de este sistema de RA mejorará mi aprendizaje y rendimiento en esta asignatura (UP1)							
E1 uso de1 sistema de RA durante las clases me facilitaría la comprensión de ciertos conceptos (UP2)							
Creo que le sistema de RA es útil cuando se está aprendiendo (UP3)							
Con e1 uso de 1a RA aumentaría mi rendimiento (UP4)							
Facilidad de uso percibida (FUP)							
Creo que e1 sistema de RA es fácil de usar (FUP1)							
Aprender a usar el sistema de Ra no es un problema para mí (FUP2)							
Aprender a usar 1e sistema de RA es claro y comprensible (FUP3)							
Disfrute percibido (DP)							
Utilizar e1 sistema de RA es divertido (DP1)							
Disfruté con el uso del sistema de ra (DP2)							
Creo que e1 sistema de RA permite aprender jugando (DP3)							
Actitud hacia el uso (AU)							
El uso de un sistema de RA hace que e1 aprendizaje sea más interesante (AU1)							
Me he aburrido utilizando el sistema de RA (AU2)							
Creo que le uso de un sistema de RA en e1 aula es una buena idea (AU3)							
Intención de utilizarla (IU)							
Me gustaría utilizar en e1 futuro e1 sistema de RA si tuviera oportunidad (IU 1)							
Me gustaría utilizar e1 sistema de RA para aprender anatomía como otros temas (IU2)							

Bibliografía

1. Johnson L, Adams Becker S, Cummins M, Estrada V, Freeman A, Hall C. NMC Horizon Report: 2016 higher education edition. Austin, Texas: The New Media Consortium; 2016.
2. Tecnológico de Monterrey. Reporte EduTrends. Radar de Innovación Educativa 2015. Monterrey: Tecnológico de Monterrey; 2015.
3. Fundación Telefónica. Realidad aumentada: una nueva lente para ver el mundo. Madrid: Fundación Telefónica-Ariel; 2011.
4. Fombona J, Pascual MA, Madeira MF. Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Pixel-Bit*. 2012;41:197-210.
5. Prendes C. Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit*. 2015;46:187-203.
6. Cabero J, Barroso J. The educational possibilities of augmented reality. *NAER*. 2016;5:44-50.
7. Cabero J, García F, coordinadores. Realidad aumentada. Tecnología para la formación. Madrid: Síntesis; 2016.
8. Lin J, Been-Lim H, Li D, Wang H, Tsai C. An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Comput Edu*. 2013;68:314-21.
9. Rodríguez M. Experimentando la realidad aumentada. Integrando tecnología en el salón de clase. 2013. Disponible en: <http://mbintegrandotecnologia.blogspot.com.es>
10. Mott J, Bucolo S, Cuttle L, Hider M, Miller K, Kimble RM. The efficacy of an augmented virtual reality system to alleviate pain in children undergoing burns dressing changes: A randomised controlled trial. *Burns*. 2008;34:803-8.
11. Yeo CT, Ungi T, U-Thainual P, Lasso A, McGraw RC, Fichtinger G. The effect of augmented reality training on percutaneous needle placement in spinal facet joint injections. *IEEE T Bio-Med Eng*. 2011;58:2031-7.
12. Wu HS, Wen-Yu S, Chang HY, Liang J. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Comput Edu*. 2013;62:41-9.
13. Bower M, Howe C, McCreddie N, Robinson A, Grover D. Augmented reality in education—cases, places and potentials. *Educ Media Int*. 2014;51:1-15.
14. Davies F. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*. 1989;13:319-40.
15. ODwyer L, Bernauer J. Quantitative research for the qualitative researcher. California: Sage; 2014.
16. Mateo J. La investigación ex-post-facto. En: Bisquerra R, coordinador. Metodología de la investigación educativa. Madrid: La Muralla; 2004. Pp. 195-230.
17. Bongiovani P. Realidad aumentada en la escuela: tecnología, experiencias e ideas. *Educ@conTIC*. 2013. Disponible en <http://www.educacontic.es/blog/realidad>
18. Chang H, Wu H, Hsu Y. Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue. *Brit J Educ Technol*. 2013;44:E95-9.
19. Kamarainen A, Metcalf SH, Grotzer T, Browne A, Mazzuca D, Tutwiler M, et al. EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Comput Edu*. 2013;68:545-56.
20. Han J, Jo M, Hyun E, So H. Examining young children's perception toward augmented reality-infused dramatic play. *Education Technology Research Development*. 2015;63:455-74.
21. Cabero J, Leal F, Andrés F, Llorente MC. La alfabetización digital de los alumnos universitarios mexicanos. *Enseñanza & Teaching*. 2009;27:41-59.
22. Bullón P, Cabero J, Llorente MC, Machuca MC, Machuca G, Marín V. Competencias tecnológicas del profesorado de la Facultad de Odontología de la Universidad de Sevilla. Sevilla: GID; 2009.